

# 化学基礎

(解答番号  ~ )

必要があるば、原子量は次の値を使うこと。

|    |     |   |    |    |    |    |    |
|----|-----|---|----|----|----|----|----|
| H  | 1.0 | C | 12 | N  | 14 | O  | 16 |
| Si | 28  | P | 31 | Ca | 40 | Fe | 56 |

**第1問** 次の問い(問1~10)に答えよ。(配点 30)

問1 電子配置が  $\text{Al}^{3+}$  と異なるものはどれか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

- ①  $\text{Na}^+$       ②  $\text{O}^{2-}$       ③  $\text{F}^-$       ④ Ar

問2 同位体に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

- ① 互いに同位体である原子では、原子核を構成する陽子の数は異なるが、中性子の数は同じである。
- ② 同位体どうしの化学的な性質はほぼ同じである。
- ③ 同位体には、原子核が不安定で、放射線を放出して別の元素の原子に変わるものがある。
- ④ 炭素の同位体である  $^{14}\text{C}$  は、遺跡の年代測定に利用されている。

問 3 ケイ素原子が 99 個に対して鉄原子が 1 個の割合で含まれている試料について考える。この試料の鉄の含有率(質量パーセント)は何%か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、試料にはケイ素と鉄以外の元素は含まれていないものとする。 103 %

① 0.50

② 1.0

③ 2.0

④ 4.0

問 4 下線を付した原子の酸化数が、二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  の硫黄原子の酸化数と同じものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 104

①  $\text{Na}_2\underline{\text{C}}\text{O}_3$ ②  $\text{Na}\underline{\text{N}}\text{O}_3$ ③  $\text{Na}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$ ④  $\text{Na}\underline{\text{C}}\text{I}$

## 出題範囲：化学基礎

問 5 物質 A～C は、塩化ナトリウム、ショ糖(スクロース)、硫酸バリウムのいずれかである。物質 A～C について次の実験 I・II を行った。実験の結果から考えられる物質 A～C の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

105

**実験 I** 同じ質量の物質 A～C を別々のビーカーに入れ、それぞれのビーカーに同じ量の純水を加えてよくかき混ぜたところ、物質 A はほとんど溶けなかったが、物質 B と C は完全に溶けた。

**実験 II** 物質 B と C の水溶液の電気伝導性を調べたところ、物質 B の水溶液は電気をほとんど通さなかったが、物質 C の水溶液は電気をよく通した。

|   | 物質 A    | 物質 B    | 物質 C    |
|---|---------|---------|---------|
| ① | 塩化ナトリウム | ショ糖     | 硫酸バリウム  |
| ② | 塩化ナトリウム | 硫酸バリウム  | ショ糖     |
| ③ | ショ糖     | 塩化ナトリウム | 硫酸バリウム  |
| ④ | ショ糖     | 硫酸バリウム  | 塩化ナトリウム |
| ⑤ | 硫酸バリウム  | 塩化ナトリウム | ショ糖     |
| ⑥ | 硫酸バリウム  | ショ糖     | 塩化ナトリウム |

問 6 図 1 に水  $\text{H}_2\text{O}$ 、二酸化炭素  $\text{CO}_2$ 、アンモニア  $\text{NH}_3$  の分子の形の模式図を示す。分子全体としての極性の有無の組合せとして正しいものはどれか。最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、○は極性があることを、×は極性がないことを示す。 106

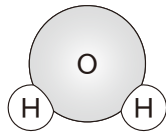
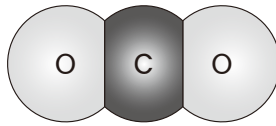
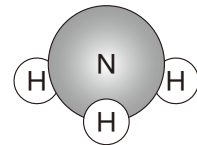
水  $\text{H}_2\text{O}$ 二酸化炭素  $\text{CO}_2$ アンモニア  $\text{NH}_3$ 

図 1 分子の形の模式図

|   | 水 | 二酸化炭素 | アンモニア |
|---|---|-------|-------|
| ① | ○ | ○     | ○     |
| ② | ○ | ○     | ×     |
| ③ | ○ | ×     | ○     |
| ④ | ○ | ×     | ×     |
| ⑤ | × | ○     | ○     |
| ⑥ | × | ○     | ×     |
| ⑦ | × | ×     | ○     |
| ⑧ | × | ×     | ×     |

出題範囲：化学基礎

問 7 硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$  の水に対する溶解度は、図 2 に示すように温度による変化が大きい。200 g の水に 100 g の  $\text{KNO}_3$  を溶かした 40 °C の水溶液がある。この水溶液を 20 °C に冷却したとき、析出する  $\text{KNO}_3$  の質量は何 g か。最も適当な数値を、後の①～④のうちから一つ選べ。 107 g

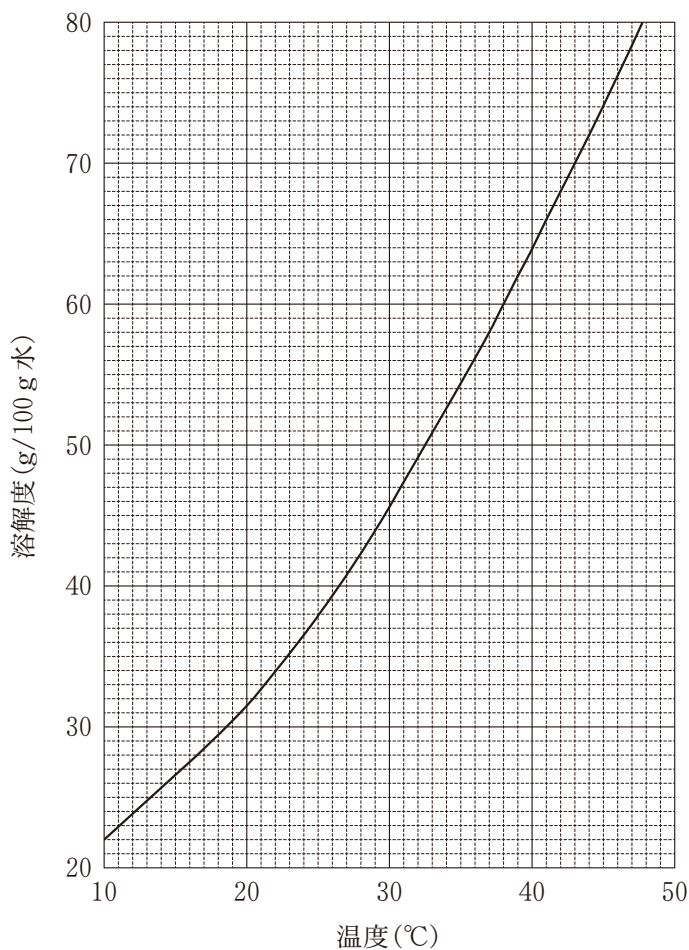


図 2  $\text{KNO}_3$  の水に対する溶解度曲線

- ① 32                      ② 37                      ③ 65                      ④ 68

問 8 図 3 に示される食塩水から水を蒸留するための実験器具とその操作に関する記述として、誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

108

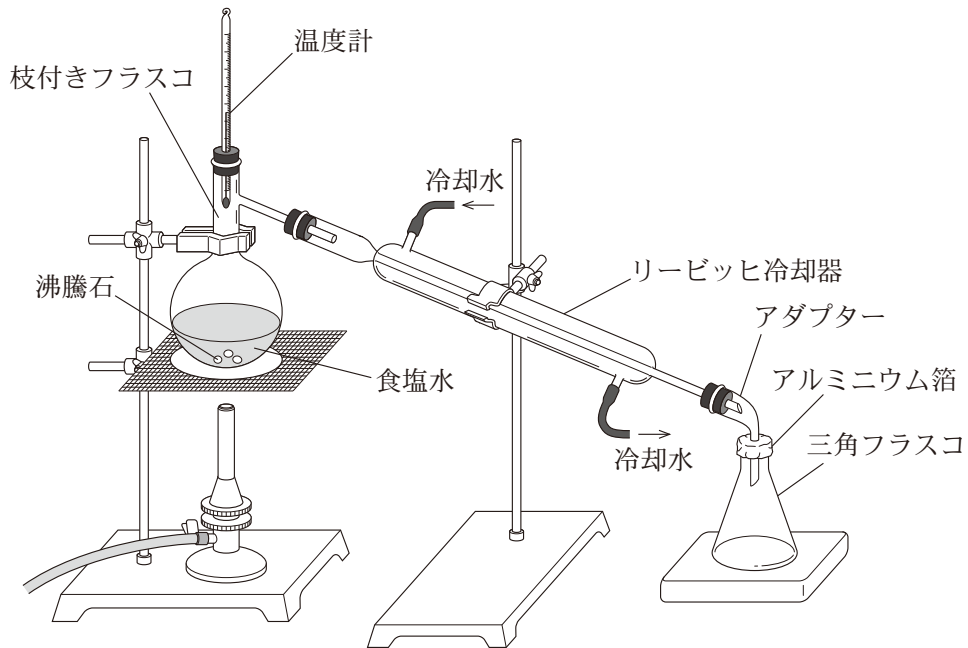


図 3 蒸留に使用する実験器具

- ① 枝付きフラスコに入れる食塩水はフラスコの容量の半分以下にする。
- ② 枝付きフラスコには沸騰石を入れる。
- ③ リービッヒ冷却器の冷却水は上部から下部に流れるようにする。
- ④ 三角フラスコとアダプターの間をアルミニウム箔で覆うが密閉はしない。

出題範囲：化学基礎

問 9 濃度が  $0.050 \text{ mol/L}$  である 1 価の弱酸の水溶液がある。この水溶液の  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  における pH の値が  $3.0$  であった。このとき、この弱酸の電離度はいくらか。

最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 109

①  $0.01$

②  $0.02$

③  $0.08$

④  $0.1$

⑤  $0.2$

問10 濃度がわからない塩酸があり，この塩酸の濃度  $c$  の大まかな値を求めるため，炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  (式量 100) を用いた以下の実験を行った。この塩酸を 0.10 L はかりとって， $\text{CaCO}_3$  を 0.20 g ずつ加えていき，その度ごとに気体の発生の有無と  $\text{CaCO}_3$  の変化の様子を調べ，表 1 に示す結果を得た。なお，塩酸に  $\text{CaCO}_3$  を加えるこの実験では次の式(1)に従って反応が起こる。

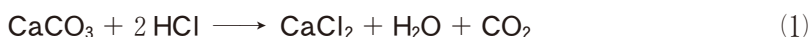


表 1 実験結果のまとめ

| 0.20 g の $\text{CaCO}_3$ を加えた回数 | 加えた $\text{CaCO}_3$ の質量の合計 (g) | 気体の発生の有無 | 加えた $\text{CaCO}_3$ の変化の様子 |
|---------------------------------|--------------------------------|----------|----------------------------|
| 1                               | 0.20                           | 有        | すべて溶けた                     |
| 2                               | 0.40                           | 有        | すべて溶けた                     |
| 3                               | 0.60                           | 有        | 溶け残った                      |
| 4                               | 0.80                           | 無        | 溶けなかった                     |

この実験に用いた塩酸の濃度  $c$  がとりうる範囲として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，発生する気体の水溶液への溶解は無視できるものとする。

110

- ①  $c < 0.0040 \text{ mol/L}$
- ②  $0.0040 \text{ mol/L} < c < 0.0060 \text{ mol/L}$
- ③  $0.0080 \text{ mol/L} < c < 0.012 \text{ mol/L}$
- ④  $0.040 \text{ mol/L} < c < 0.060 \text{ mol/L}$
- ⑤  $0.080 \text{ mol/L} < c < 0.12 \text{ mol/L}$
- ⑥  $0.12 \text{ mol/L} < c$

**第2問** 農業に不可欠な肥料の中には、鉍物資源などを原料としてつくられているものが多い(図1)。肥料として利用される物質に関する後の問い(問1～3)に答えよ。(配点 20)

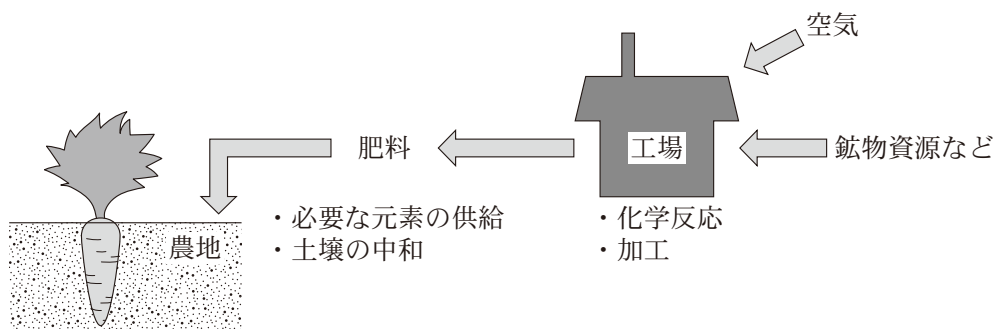


図1 鉍物資源などを原料とする肥料の利用

問 1 炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムを主成分とする苦土石灰は、作物成長に必要な(a)カルシウムとマグネシウムを土壤に供給する。また、農地の土壤が酸性に偏りすぎるとうまく育たない作物があるため、土壤中の(b)酸を中和する塩基として pH 調整剤にも活用されている。下線部(a)と(b)に関する次の問い(a・b)に答えよ。

a カルシウム Ca とマグネシウム Mg に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 111

- ① Ca と Mg はいずれも 2 価の陽イオンになりやすい。
- ② Ca と Mg はいずれもアルカリ金属元素である。
- ③ イオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)は Mg よりも Ca の方が小さい。
- ④ イオン化傾向は Mg よりも Ca の方が大きい。

b 強酸、弱酸、強塩基、弱塩基の正しい組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 112

|   | 強酸                   | 弱酸                   | 強塩基             | 弱塩基             |
|---|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| ① | CH <sub>3</sub> COOH | HNO <sub>3</sub>     | NH <sub>3</sub> | KOH             |
| ② | CH <sub>3</sub> COOH | HNO <sub>3</sub>     | KOH             | NH <sub>3</sub> |
| ③ | HNO <sub>3</sub>     | CH <sub>3</sub> COOH | NH <sub>3</sub> | KOH             |
| ④ | HNO <sub>3</sub>     | CH <sub>3</sub> COOH | KOH             | NH <sub>3</sub> |

## 出題範囲：化学基礎

問 2 窒素 N，リン P，カリウム K の 3 元素は肥料の三要素とよばれる。これらの元素を含む物質を組み合わせると、肥料の成分調整が行われる。これに関連して、次の問い(a・b)に答えよ。

- a リン酸水素二アンモニウム  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (式量 132) は、窒素とリンをともに含む肥料の原料である。 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  は加熱されると、式(1)に示す反応によってアンモニア  $\text{NH}_3$  を放出しながらリン酸二水素アンモニウム  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  (式量 115) に変化する。



そのため、肥料の加工や乾燥の工程で、肥料に含まれる窒素やリンの含有率が変動することがある。

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  と  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  からなる混合物において、 $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  の質量の割合が増えると、窒素 N とリン P のそれぞれの含有率(質量パーセント)はどのように変わるか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

|     |
|-----|
| 113 |
|-----|

|   | N の含有率 | P の含有率 |
|---|--------|--------|
| ① | 変化なし   | 変化なし   |
| ② | 変化なし   | 増加     |
| ③ | 変化なし   | 減少     |
| ④ | 増加     | 変化なし   |
| ⑤ | 増加     | 増加     |
| ⑥ | 増加     | 減少     |
| ⑦ | 減少     | 変化なし   |
| ⑧ | 減少     | 増加     |
| ⑨ | 減少     | 減少     |

- b 塩化カリウム  $\text{KCl}$  はカリウム肥料としてよく使われる物質である。白色粉末の  $\text{KCl}$  と他の白色粉末の物質を区別するために、それぞれの水溶液を用いた実験を行う。 $\text{KCl}$  と区別したい物質と実験操作の組合せのうち、2種類の物質を区別できないものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

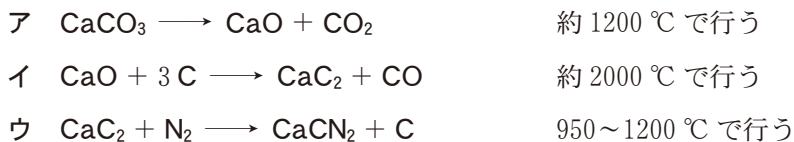
114

|   | KCl と区別したい物質                    | 実験操作             |
|---|---------------------------------|------------------|
| ① | 塩化アンモニウム $\text{NH}_4\text{Cl}$ | フェノールフタレイン溶液を加える |
| ② | 塩化ナトリウム $\text{NaCl}$           | 炎色反応を観察する        |
| ③ | 硝酸カリウム $\text{KNO}_3$           | 硝酸銀水溶液を加える       |
| ④ | ヨウ化カリウム $\text{KI}$             | 硫酸酸性の過酸化水素水を加える  |

## 出題範囲：化学基礎

問 3 石灰窒素法は、大気中の窒素  $N_2$  から窒素肥料を製造する方法の一つである。この方法で合成されるカルシウムシアナミド  $CaCN_2$  は、水と反応するとアンモニア  $NH_3$  などの窒素化合物を生成し、窒素肥料となる。 $CaCN_2$  に関連する次の問い(a・b)に答えよ。

a 石灰窒素法では、次に示す一連の反応ア～ウによって  $CaCN_2$  を合成する。これらの反応では、石灰石  $CaCO_3$  から得られた酸化カルシウム  $CaO$  を、炭素  $C$  を主成分とするコークスを用いて炭化カルシウム  $CaC_2$  にしたのち、窒素  $N_2$  と反応させて  $CaCN_2$  としている。



反応ア～ウのうち、酸化還元反応はどれか。すべてを正しく選択しているものとして最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 115

- |        |        |           |        |
|--------|--------|-----------|--------|
| ① ア    | ② イ    | ③ ウ       | ④ ア, イ |
| ⑤ ア, ウ | ⑥ イ, ウ | ⑦ ア, イ, ウ |        |

b 市販の石灰窒素は、肥料の有効成分である  $\text{CaCN}_2$  (式量 80) の他にいくつかの物質を含んだ混合物である。窒素を含む成分が  $\text{CaCN}_2$  のみである石灰窒素 X について、窒素の量を測定する装置を用いて  $\text{CaCN}_2$  の含有率を求める。この装置の検出器は、図 2 に示すように、試料中の窒素 N (原子量 14) の質量に比例した強さの信号を出力する。

石灰窒素 X の試料 0.100 g をこの装置で分析したところ、信号の強さは 210 であった。この石灰窒素 X における  $\text{CaCN}_2$  の含有率(質量パーセント)は何%か。最も適当な数値を、後の①～④のうちから一つ選べ。 116 %

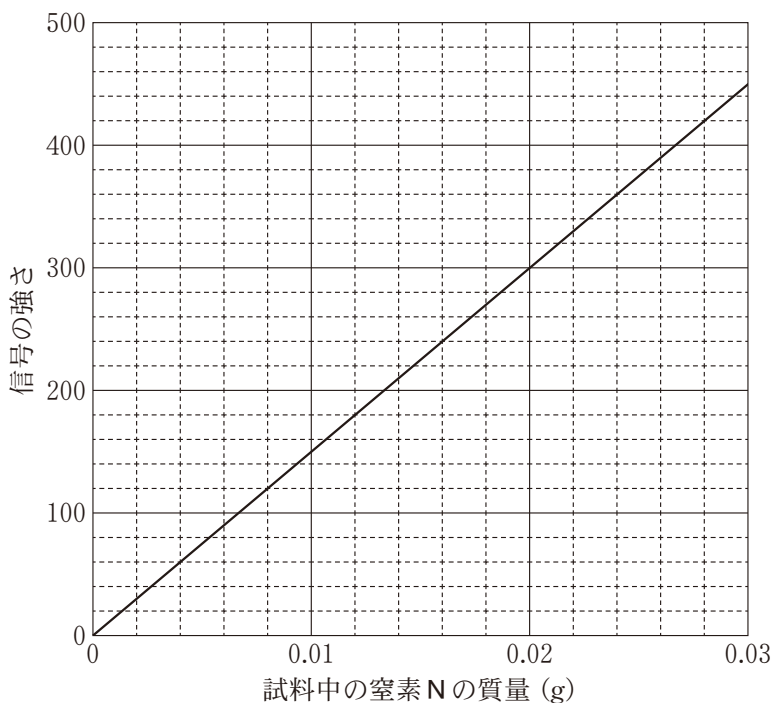


図 2 窒素の量を測定する装置における試料中の窒素 N の質量と信号の強さの関係

① 14

② 35

③ 40

④ 80